

## サッカーのインステップキックにおける ボール速度と蹴り脚と支持脚の関節運動

望月知徳\* 湯浅景元\*\*

### The Velocity of the Ball and the Joint Movement of Lower Legs by Instep Kick

Tomonori MOCHIZUKI and Kagemoto YUASA

#### Abstract

The purpose of this study is to investigate the joint movement of the lower legs and the velocity of the ball in an instep kick made as powerful as possible. Subjects were 8 male students who were skilled members of the high school soccer club, including 2 members from Aichi Prefecture. In this study, the velocity of the ball both the kicking leg and the supporting legs the variation of the hip, knee and ankle of angle were analyzed using a high-speed video camera operated at 200 fps during the kicking. The results were as follows.

- (1) The mean velocity of the ball obtained from these subjects ( $29.3 \pm 1.1$  m/s) was significantly higher than that of other high school players.
- (2) The range of the hip, knee and ankle angle showed little variations in the following phases. In the phase from the foot released until planted, the degree of variation of the hip and knee in the kicking leg and hip in the supporting leg was little. In the phase from the foot landing until the foot impacted the ball, the range of the angle variation of the hip, knee and ankle in the supporting leg was little. In the phase from the foot impacting the ball to when the follow-swing reached the maximum level, the range of the angle variation of the hip and knee in the kicking leg and of the hip in the supporting leg was also small.
- (3) The hip of the kicking leg started to flex from the foot release until it landed. The hip of the supporting leg started to extend about the same time. In other words, the joint movement of the hip was antithetical, where as the joint movement of the knee and ankle were not. In particular, by keeping the knee of the supporting leg fixed, the knee of the kicking leg started to extend.

#### 1 諸 言

サッカーの技術の中のボールを扱うものには

キック、ドリブル、ヘディング、トラップングなどがある。その中でもボールを蹴ることは重要な技術の1つであり、インステップキックは

\*大学院生, \*\*教授

サッカーの代表的な技術である。

これまでも、サッカーのインステップキックの研究は多くされてきた。しかし、その研究のほとんどが蹴り脚と支持脚を別要素として研究したものが多く、時間的に連続して蹴り脚と支持脚の動きというものを同時にみてきたものは少なかった。インステップキックは試合では主にシュートに多く使われる。つまりインステップキックで速いボールを蹴れることは有利となる。速いボールを蹴るにはボールをインパクトする直前の蹴り脚のスウィング速度を上げることが重要だと言われている。そのときの支持脚のボール速度に対する貢献度というものを報告したものも少ない。このように蹴り脚と支持脚の連動的な動きを報告したものは少ない。今回の研究ではインステップキックに対する蹴り脚と支持脚の下肢関節の連動について明確にすることを目的とする。

## 2 方 法

被験者は愛知県立刈谷高等学校の男子サッカー部員 8 名（年齢 18 歳・身長  $170.0 \pm 5.7$  cm・体重  $61.8 \pm 3.1$  kg・競技歴  $10.0 \pm 1.0$  年）を対象として行なわれた。そのうち 2 名は愛知県国体少年チームに選出されたことのある選手であった。

実験場所は同高校の体育館で行なった。使用したボールは日本サッカー協会公認の公式 5 号球を使用した。図 1 に示したように被験者は 9 m 先に設置されたハンドボールゴール

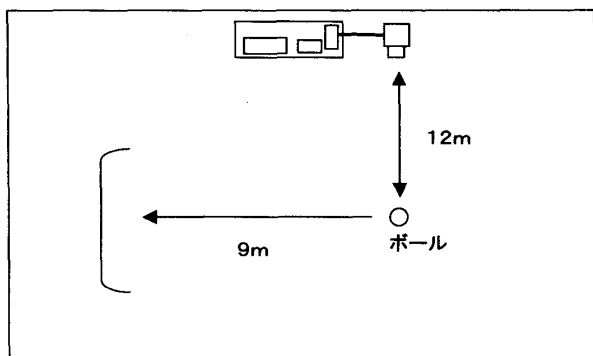


図1 実験配置図

に向かって予め決まった位置に置いたボールを右足で全力のインステップキックを行なわせた。各試技の助走は自由に行なわせた。試技を3回ずつ行いボール速度の最も高いものについて調べた。

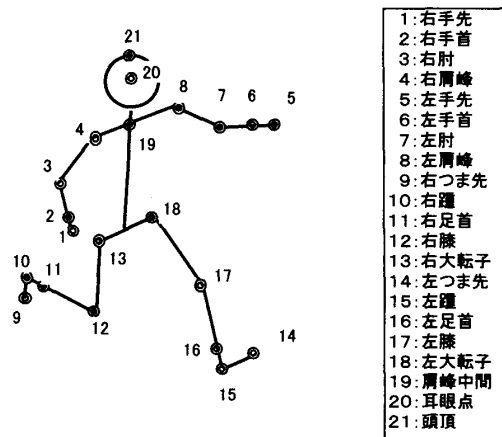


図2 デジタイズポイント

キック動作の記録は高速度ビデオカメラ（Nac 製 MemrecamC 2）を用いて 200fps の速度、シャッター速度  $1/1000$  秒、ボールの進行方向の真横の位置にボールから 12.0m、カメラ高 1.0m に設置した。各部位の計測点は図 2 に示すデジタイズポイントとボールの中心点とした。動作分析区間は、動作開始を蹴り足の最後の離地、動作終了をフォロースルー最高点とした。2次元画像を VTR (AG-7400 Panasonic 社製) から PC (DELL Dimension 4100) のディスプレイ上でソフトウェア FrameDias (DKH 社製) で座標を読み取り 2 次的に分析した。

分析項目はボール速度、蹴り脚の股関節角度・膝関節角度・足関節角度、支持足の股関節角度・膝関節角度・足関節角度とした。図 3 に本研究での角度定義を示した。

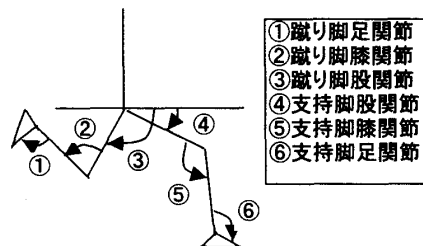


図3 本研究における角度定義

表1 各被験者のボール速度（最高値のみ）

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D	被験者E	被験者F	被験者G	被験者H
ボール速度 (m/s)	29.4	27.0	30.5	30.2	29.4	29.6	28.5	30.3

### 3 結 果

#### 1) ボール速度

各被験者の3回の試技の内、ボール速度の最も高かった値を表1に示した。被験者の中でボール速度の最も高かったのは30.5m/sであった。それに次いで30.3m/s、30.2m/s、29.6m/s、29.4m/s、29.4m/s、28.5m/s、27.0m/sとなった。被験者8名のボール速度平均は $29.3 \pm 1.1$ m/sであった。

#### 2) 蹴り脚と支持脚の各関節の動き

被験者8名の全員分の蹴り脚と支持脚の各関節角度を、時間軸を相対時間として各時点でのそれぞれの値を平均し、そして各時点での標準誤差も算出し、ひげグラフで図4と図5に表した。これらのグラフより1つのキック動作の内の何%の時点で蹴り脚と支持脚の各関節がどのような特徴的な動きをしているかを次に示した。

##### ①蹴り脚の各関節の動き

##### a 0%（離地）

股関節は伸展（大腿を後ろに引く動き）、膝

関節は屈曲（膝を曲げる動き）しながら、足関節はほぼ150度の状態で離地を行なう。

##### b 25%

股関節は138度まで伸展を行なう。その後、屈曲（大腿を前方へ出す動き）を始める。膝関節はこの時点ではまだ屈曲（膝を曲げる動き）を行なっている。

##### c 36.6%（接地）

股関節は屈曲（大腿を前方へ出す動き）をしながら130度の状態で行なう。膝関節は屈曲（膝を曲げる動き）をしながら97度の状態で行なう。足関節は152度の状態で行なう。

##### d 37.5%

股関節が急激に屈曲（大腿を前方へ出す動き）を行なう。膝関節はこの時点でも屈曲（膝を曲げる動き）を行なう。足関節はほぼ150度の状態を保つ。

##### e 45%

膝関節は89度まで屈曲（膝を曲げる動き）し、伸展（膝を伸ばす動き）を始める。

##### f 55%

股関節は屈曲（大腿を前方へ出す動き）を行い、膝関節は急激に伸展（膝を伸ばす動き）を始める。

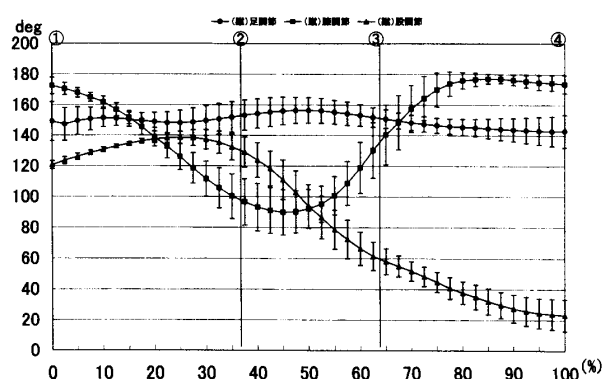


図4 被験者全員の蹴り脚の股関節・膝関節・脚関節角度変化（X軸は相対時間、①が蹴り脚の離地、②支持脚の接地、③インパクト、④フォロースルー最高点を示す）

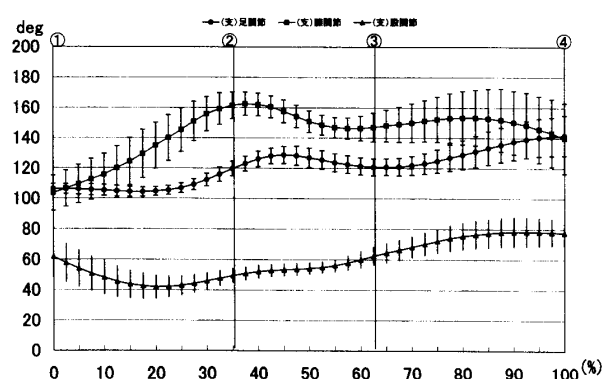


図5 被験者全員の支持脚の股関節・膝関節・脚関節角度変化（X軸は相対時間、①が蹴り脚の離地、②支持脚の接地、③インパクト、④フォロースルー最高点を示す）

## g 64% (インパクト)

股関節は屈曲(大腿を前方へ出す動き)しながら57度で行なう。膝関節は伸展(膝を伸ばす動き)をしながら176度で行なう。足関節はほとんど変化せず150度で行なう。

## h 85%

膝関節は176度まで伸展(膝を伸ばす動き)を行なう。その後緩やかに屈曲(膝を曲げる動き)を行なう。

## i 100%

股関節は23度まで屈曲(大腿を上方へ引き上げる動き)を行なう。膝関節は緩やかに173度まで屈曲(膝を曲げる動き)を行なう。足関節は緩やかに142度まで背屈(足首を曲げる)を行なう。

## ②支持脚の各関節の動き

## a 0% (離地)

股関節は屈曲(大腿を上方へ引き上げる動き)を行なう。膝関節は伸展(膝を伸ばす動き)を行なう。足関節はほぼ106度の状態で行なう。

## b 20%

股関節は41度まで屈曲(大腿を上方へ引き上げる動き)し、その後伸展(大腿を後ろに引く動き)を始める。

## c 25%

股関節は伸展(大腿を後ろに引く動き)、膝関節も伸展(膝を伸ばす動き)を行なう。足関節は緩やかに底屈(足首を伸ばす)を始める。

## d 36.6% (接地)

股関節は伸展(腰を前に出すような動き)しながら50度で行なう。膝関節は伸展しながら150度で行なう。足関節は122度で踵部から着くようにしながら底屈(足首を伸ばすような動き)を行なう。

## e 37.5%

膝関節は162.5度まで伸展(膝を伸ばす動き)を行い、その後急激に屈曲(膝を曲げる動き)を行なう。

## f 45%

足関節は128度まで底屈(足首を伸ばす動き)し、その後背屈(足首を曲げる動き)を行なう。

## g 55%

膝関節は146度まで屈曲(膝を曲げる)し、その後ほぼ一定の状態を保つ。

## h 64% (インパクト)

股関節は伸展(腰を前に出すような動き)をしながら64度で行なう。膝関節は緩やかに伸展(膝を伸ばす動き)を行いながら148度で行なう。足関節は120度で行なう。

## i 82.5%

膝関節は176度まで伸展(膝を伸ばす動き)し、その後屈曲(膝を曲げる動き)を始める。

## j 100%

股関節は77度まで緩やかに伸展(膝を伸ばす動き)を行なう。膝関節は139度まで緩やかに屈曲(膝を曲げる)を行なう。足関節は141度まで緩やかに底屈(足首を伸ばす動き)を行なう。

## 4 考 察

本研究で得られたボール初速度について、被験者8名の平均速度は $29.3\text{m/s} \pm 1.1\text{m/s}$ であった。従来の研究で報告されたボール速度は戸莉<sup>1)</sup>は日本代表選手の一流選手のボール初速度は $32.8\text{m/s}$ であったと報告している。浅見ら<sup>2)</sup>は過去の文献のプロ選手のみ平均は $29.9\text{m/s}$ と報告している。これに比べてみて今回の被験者のレベルの高さは高校生年代においては非常に高いものであったと言える。

蹴り脚と支持脚の各関節角度の動きにおいては、全体的に“ばらつき”をみると離地(0%)から接地(36.6%)までの局面においては支持脚の膝関節角度が特に大きかった。しかし、接地(36.6%)からインパクト(64.0%)までの局面をみると今度は蹴り脚の股関節角度・膝関節角度が特に大きかった。そして、インパクト(64.0%)からフォロースルー最高点(100%)までの局面では、また支持脚の膝関節角度のばらつきが特に大きくなった。これは、キックのフォームにおいて個人差があるということもできるが、逆に言えば“ばらつき”の小さな部分にキックのフォームの共通点があ

り、今回の被験者の熟練度も考慮した場合、そこにインステップキックのフォームにおいての重要なポイントがあるとも考えることもできる。本研究でいえば、離地から接地までの局面においての蹴り脚の股関節・膝関節、支持脚の股関節の動き。接地からインパクトまでの局面においての支持脚の股関節・膝関節・足関節の動き。インパクトからフォロースルー最高点までの局面においては蹴り脚の股関節・膝関節の動き、支持脚の股関節などが考えられる。これらについてはこれからの研究課題の1つとしていきたい。

次に図6に全被験者の蹴り脚と支持脚の股関節角度の各時点での値を平均したものを示した。サッカーのキックにおいて股関節の果たす役割は非常に重要であると考えられている。Robertson & Mosher<sup>3)</sup>は下肢の正の仕事量の90%は股関節屈曲によるものであり、キックにおける股関節屈曲動作の重要性が高いことを示している。蹴り脚の股関節は最後の離地をおこなってから一度伸展を行なう。この動きは俗にバックスウィングとも呼ばれる動きである。そして、25%の時点から、蹴り脚の股関節は屈曲を始める。この動きはフォワードスウィングと呼ばれる動きである。支持足の接地が36.5%であるから、この時点では体は空中に浮いている。その状態から、ボールをインパクトするために蹴り脚のフォワードスウィングは行なわれ始め

ているということである。これらのことにより、空中で動き始めた股関節の屈曲動作によって得られたエネルギーを支持脚の接地後までどれだけ効率良くより末端部分へと伝達することができるのかが重要と考えることができる。つまり、支持足の接地によっては空中で得られる蹴り脚の股関節屈曲動作によるエネルギーのスムーズな伝達の妨げになるとも考えられる。

また、支持脚の股関節は離地後、一度伸展を行なう。これは、接地のために大腿部を引き上げる動作である。そして、20%の時点から屈曲を始める。これは、接地のために大腿部を下ろす動作である。これら蹴り脚と支持脚の股関節の動きをみると常に相反する動きをしていることがわかる。

しかし、図7に示した蹴り脚と支持脚の膝関節角度（図6と同じ方法で算出）において、支持脚の接地後、支持脚の膝関節は屈曲を始める。しかし50%の時点からインパクト後まではほぼ一定の状態を保つ。そのとき、蹴り脚の膝関節は55%の時点から伸展を始める。つまり、股関節のように常に相反する動きとはなっていない。股関節の動きと合わせてみると、支持脚の股関節は接地前から屈曲を始める。蹴り脚の股関節は接地前から伸展を行なう。そして接地後、支持脚は膝関節を1度屈曲してからある角度で一定を保ちながら、蹴り脚の膝関節は伸展を行なう。このようにサッカーのキック動作のような

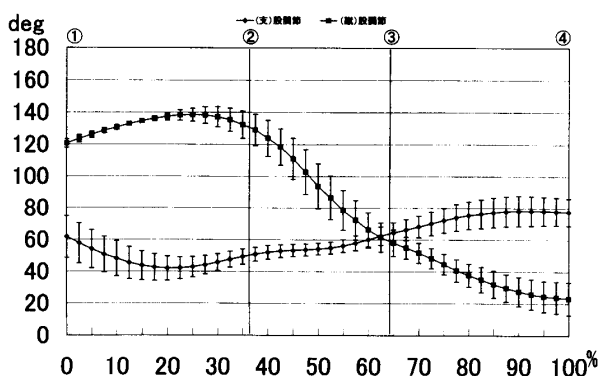


図6 蹴り脚・支持脚の股関節角度変化（X軸は相対時間、①が蹴り脚の離地、②支持脚の接地、③インパクト、④フォロースルー最高点を示す）

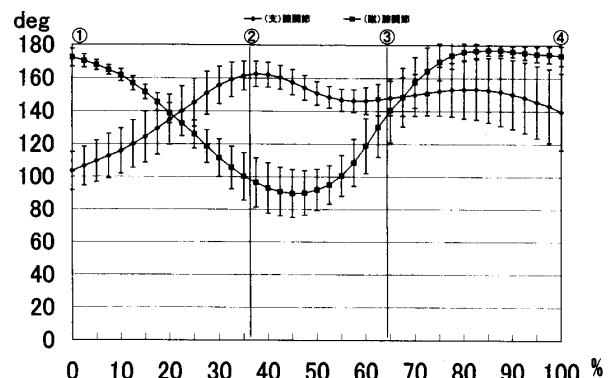


図7 蹴り脚・支持脚の膝関節角度変化（X軸は相対時間、①が蹴り脚の離地、②支持脚の接地、③インパクト、④フォロースルー最高点を示す）

瞬間的な時間の中で非常に複雑な動作を行なっている。このような場合、人間が筋力発揮をどこまでコントロールできているのか今回の研究では明確にすることができなかった。意識的に動かしているのか、それとも物理的な力によって動かされているだけとも考えられる。これらも今後の研究課題の1つと考える。また図8の蹴り脚と支持脚の足関節角度（図6と同じ方法で算出）も膝関節同様に股関節のような相反する動きは今回の実験ではみられなかった。

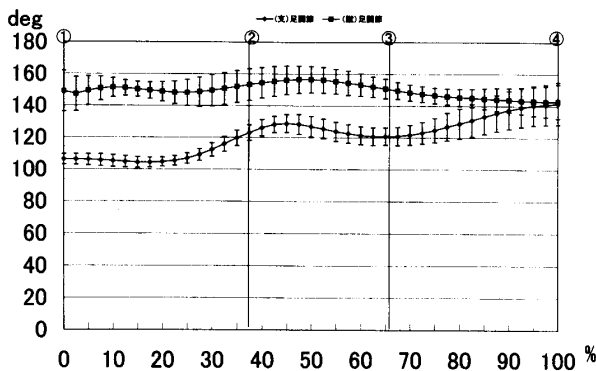


図8 蹴り脚・支持脚の足関節角度変化（X軸は相対時間、①が蹴り脚の離地、②支持脚の接地、③インパクト、④フォロースルー最高点を示す）

## 5 ま と め

全力でのインステップキックの際の蹴り脚と支持脚の各関節運動について、高校生の被験者8名のキックを高速度ビデオカメラで撮影し、ボール速度と蹴り脚の股関節角度・膝関節角度・足関節角度、支持脚の股関節角度・膝関節角度・足関節角度を求め、被験者全員分の平均と標準偏差を求めた。時間軸は相対時間として分析を行なった。相対時間は蹴り脚の最後の離地を0%とし、フォロースウィング最大を100%とした。それらの、結果をまとめると以下の通りである。

- ① ボール速度の平均は $29.3 \pm 1.1 \text{ m/s}$ であった。これは、従来の報告と比較して高校生年代としては優れた値であった。
- ② 蹴り脚と支持脚の各関節角度の被験者全

員の平均と標準偏差をみて、“ばらつき”の小さな部分があった。離地から接地までの局面においての蹴り脚の股関節・膝関節と支持脚の股関節の動き。接地からインパクトまでの局面においての支持脚の股関節・膝関節・足関節の動き。インパクトからフォロースウィング最大までの局面においては蹴り脚の股関節・膝関節の動きと支持脚の股関節の動きなどであった。

- ③ 蹴り脚と支持脚の股関節の動きにおいて、蹴り脚の股関節は25%の時点で屈曲を始めた。これは支持脚の接地前で、体が空中にある状態からスウィングを開始していた。また、支持脚の股関節も接地前から伸展を始めた。つまり股関節においては相反する動きを行っていた。しかし、支持脚の接地後からの蹴り脚と支持脚の膝関節の動きを見てみると、支持脚の膝関節は55%まで屈曲しその後ほぼ一定に保ちながら蹴り脚の膝関節が屈曲をするという複雑な動きを行っていた。

## 6 参考文献

- 1) 戸荻晴彦 キックのスピードとフォームについての研究、東京大学教養学部体育学紀要 5: 5-12, 1972.
- 2) 浅見俊雄、Volker Nolte パワフルなインステップキックの力学的分析、J. J Sports Sci 1: 62-67, 1982
- 3) D. G. E. Robertson, R. E. Mosher Work and power of leg muscles in soccer kicking. Biomechanics IX-B, Human Kinetics Publishers: 533-538, 1985

## 7 謝 辞

本研究にあたりご協力をいただきました愛知県立刈谷高等学校の大木先生をはじめ、選手の皆様、中京大学大学院の皆様に深く感謝致します。